

Для цитирования: Экономика региона. — 2016. — Т. 12, вып. 4. — С. 1029–1039  
doi 10.17059/2016-4-5  
УДК 330.15

А. Ю. Даванков, Д. Ю. Двинин, Е. А. Постников

Челябинский государственный университет (Челябинск, Российская Федерация; e-mail: postnikovea@yandex.ru)

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СРЕДЫ РЕГИОНА В ГРАНИЦАХ УСТОЙЧИВОСТИ БИОСФЕРЫ<sup>1</sup>

*Статья посвящена исследованию социо-эколого-экономической среды и разработке эффективного методического инструмента оценки ее устойчивости, позволяющего более достоверно определять уровень хозяйственной деятельности регионов в границах устойчивости биосферы.*

*В публикации региональная система рассматривается как совокупность промышленных предприятий, социальной инфраструктуры и природных условий, создающих специфическую территориальную социо-эколого-экономическую среду, устойчивость которой зависит от уровня хозяйственной деятельности, измеряемого емкостью экосистемы территории. Обосновано использование методики сравнительной оценки энергетических показателей хозяйственной деятельности, создающей специфическую социо-эколого-экономическую среду региона, и показателя экологической емкости территории, дающей возможность более достоверно оценивать уровень устойчивости региона в границах устойчивости биосферы. Данный метод позволяет на основе замкнутых материальных и энергетических потоков осуществлять прогнозирование развития исследуемой территории на основе измерения общего потока энергии.*

*В результате исследования выявлен индикатор устойчивости социо-эколого-экономической среды регионов Уральского федерального округа, наибольшая устойчивость определена у Ямало-Ненецкого автономного округа, наименьшая — у Челябинской области, что связано как с природными условиями территорий, так и особенностями структуры экономики. Используемый показатель производительности труда, выраженный в энергетических единицах, позволил выявить регионы, имеющие природоёмкие отрасли хозяйства. Установлено, что в данных регионах наблюдаются существенные материальные потоки в электроэнергетической отрасли, что приводит к большим удельным выбросам парниковых газов. Проведенная оценка несущей демографической способности в полной мере коррелирует с расчетами индикатора устойчивости региональной системы и анализом производительности труда в регионах. С использованием полученного методического инструментария в дальнейшем формируется модель управления устойчивой социо-эколого-экономической среды региона, учитывающая экологическую емкость биосферы.*

**Ключевые слова:** социо-эколого-экономическая среда региона, экологическая емкость, устойчивое развитие, материально-энергетические потоки, устойчивость биосферы, природно-хозяйственная система, несущая способность, удельная ресурсоемкость, индикатор устойчивости, производительность труда

### Введение

Стремительный рост промышленного производства на протяжении последних двухсот лет привел к нарастанию кризисных явлений, как в экономике, так и в природе. Влияние

хозяйственной деятельности на биосферные процессы достигло такого уровня, когда дальнейший рост экономики начинает угрожать их устойчивости. В XX в. человечество впервые столкнулось с ограниченностью сырьевых ресурсов в масштабе планеты. Глобальный характер воздействия экономики на биосферу, продолжающийся рост населения зем-

<sup>1</sup> © Даванков А. Ю., Двинин Д. Ю., Постников Е. А. Текст. 2016/

ного шара и обратное влияние этих процессов на экономику привели к кризису всей земной цивилизации.

Согласно классическим экономическим теориям, процесс общественного воспроизводства является процессом жизнеобеспечения и воспроизводства человечества. Такое отождествление было верным, пока масштабы воздействия хозяйственной деятельности на биосферные процессы были незначительными. В современных условиях процесс жизнеобеспечения является глобальным и включает в себя воспроизводство условий существования человечества на планете.

Следовательно, надо расширить объем понятия «общественное воспроизводство», включив в него процесс воспроизводства условий существования человечества, и, соответственно, расширить предмет экономики как науки и как материальной системы, включив в состав экономики природные процессы в биосфере.

Соответственно, возникает необходимость формирования новой науки, предметом исследования которой будет глобальный процесс воспроизводства условий существования человечества. Экономическая теория должна исходить не из надуманных непроверяемых гипотез о поведении потребителей и производителей, а из объективных законов управления сложной социо-эколого-экономической системой. Теоретическая основа новой науки должна исходить из объективных законов развития сложной социо-эколого-экономической системы, а не только из соображений экономической выгоды.

Сущностью социо-эколого-экономического процесса ведения хозяйственной деятельности, является преобразование вещественного и энергетического потенциала биосферы, а также затрат человеческого труда в продукт, удовлетворяющий общественную потребность без нарушения естественных параметров биосферы. Соединение этих трех компонентов является необходимым условием существования социо-эколого-экономической системы.

Опыт показывает, что многие проблемы социальной, экономической и экологической несбалансированности изначально зарождались на региональном уровне и только затем перерастали в национальные масштабы. Вследствие этого исследование развития региона с позиций комплексности и системности является одной из методических и методологических основ исследования проблематики устойчивого развития в целом [1]. Исследование оди-

наковых социо-эколого-экономических проблем и их решение могут существенно различаться на различных территориях. Одни и те же виды хозяйственной деятельности могут иметь различные экологические последствия. В решении подобных проблем важное значение должно принадлежать локальному территориальному уровню их анализа, что показано в работах [2, 3]. Именно локальный уровень анализа проблем взаимосвязей экономической и экологической систем дает возможность более тщательного изучения и учета специфики как отдельных производств, так и природных ресурсов и условий данной территории с точки зрения охраны окружающей среды [4]. В связи с этим возникает необходимость разработки научно-методического инструментария оценки социо-эколого-экономической среды региона.

#### **Теоретические основы междисциплинарных исследований социо-эколого-экономической среды региона**

Сложность исследований социо-эколого-экономической деятельности среды региона связана с тем, что специалисты — социологи, экологи, экономисты, географы, архитекторы, землеустроители и др., живут в своих собственных концептуальных мирах. Известный ученый Д. Харвей отмечает, что преодоление такой рассогласованности в исследованиях является ключевой задачей, но для ее решения необходимо преодолеть существенные методологические и концептуальные проблемы [5]. М. Вебер требует не искать решение в упрощенных картированных формах, а находить ответы в социальной организации чрезвычайной сложности [6]. Поэтому для раскрытия понятия социо-эколого-экономической деятельности среды региона необходим теоретический аппарат, который основан на междисциплинарном подходе и сочетает в себе экологический, социальный и экономический подходы. При этом региональное пространство нами рассматривается в виде сложной динамической системы, в которой социальный процесс, экологические свойства и структура экономической деятельности непрерывно взаимодействуют друг с другом, создавая определенную социо-эколого-экономическую среду [7–9].

Сложные системы всегда являются открытыми и обладают потоками вещества и энергии. Будучи глобальной системой жизнеобеспечения всего человечества, подобной откры-

той нестационарной системой является и экономика, при этом она находится вне состояния равновесия. Ее существование обусловлено преобразованием энергетических потоков биосферы, а также постоянным обменом веществом и энергией. Открытой термодинамической системой, но в меньшем масштабе, является и социо-эколого-экономическая среда региона. При этом энергия расходуется на функционирование энергетического комплекса, для добычи сырьевых материалов, на производственную деятельность (в том числе производство продуктов питания), для эксплуатации произведенной продукции, ее дальнейшей утилизации и поддержания экосистем в устойчивом состоянии [10].

Одним из направлений устойчивого развития региона является организация обществом такого функционирования, при котором хозяйственная деятельность не выходит за пределы вещественно-энергетических ресурсных возможностей (емкости) социо-эколого-экономической среды территории, и в то же время удовлетворяются объективные потребности настоящего и будущего поколений людей. Для обеспечения этих условий требуются методы оценки хозяйственной деятельности, которые в настоящее время разработаны не в полной мере.

Экологическая (ассимиляционная) емкость биосферы выражает предельно допустимое воздействие на биосферу в результате экономической деятельности, в случае превышения которого биосфера как система переходит в неустойчивое состояние [11]. Для ее выявления необходимо оценить предельный поток энергии, потребляемый в результате хозяйственной деятельности, при котором не наступают необратимые процессы деградации в биосфере. Согласно теории биотической регуляции В.Г. Горшкова, предел данного энергетического потока не должен превышать 1 % от общего потока в биосфере, соответственно, энергетическая мощность всей мировой экономической системы не должна превышать ориентировочных значений в 1–2 ТВт (в данном исследовании взята средняя величина в 1,5 ТВт) [12, 13].

Основная идея управления локальной социально-экономической деятельностью состоит в том, что любые решения по управлению искусственно созданными системами приводят к изменению потоков вещества, энергии и информации. Состояние и поведение любой системы описывается величинами потоков между ее структурными элементами и между внутренней и внешней средой.

Первичными фундаментальными являются потоки энергии. Все переменные, используемые для описания системы, должны выражаться через величины потоков вещества и энергии [14, 15]. Поскольку для создания потоков вещества необходимы затраты энергии, управление сводится к регулированию прежде всего потоков энергии. В конечном итоге управленческая деятельность сводится к регулированию вещественно-энергетических потоков, при которых социо-эколого-экономическая среда исследуемых территорий не должна превышать экологическую емкость (ассимиляционный потенциал).

Способность социально-экономической деятельности устойчиво продолжать выполнять свою функцию в условиях внешних и внутренних помех, определяется гармоничностью потоков вещества, энергии и информации внешней и внутренней среды. Это означает необходимость поддержания определенных пропорций между потоками. В экономической науке такое поддержание пропорций называется межотраслевым балансом. Наибольшее значение для функционирования всей социально-экономической деятельности имеет поддержание пропорций между валовым региональным продуктом, выраженным в единицах энергетической мощности, и предельно допустимой энергетической нагрузкой, приходящейся на территорию региона.

#### **Методические подходы к оценке устойчивости социо-эколого-экономической среды региона**

Управление процессами вещественного, энергетического и информационного метаболизма происходит путем принятия решений, реализация которых осуществляется через трудовую деятельность. Производительность труда возможно измерять затратами энергии, при этом можно дать оценку энергетической эффективности хозяйственной деятельности региона, выявить валовой региональный продукт в единицах энергетической мощности. Устойчивость биосферы также возможно определять по величине предельно допустимой энергетической нагрузки, приходящейся на территорию региона. Таким образом, оценивая валовой региональный продукт и производительность труда в категориях энергетических затрат и сопоставляя ее с допустимой энергетической нагрузкой региона, можно получить инструмент для оценки устойчивости социо-эколого-экономической среды региона.

Поддержание условий, пригодных для жизни человека и ведения эффективного хозяйства, несомненно, обеспечивается за счет жизнедеятельности естественных экосистем. Способность экосистем существовать, то есть сохраняться при изменениях внешних условий, зависит от запасов их биомассы, длительности жизнедеятельности основных компонентов биоты, биоразнообразия и сбалансированности структуры сообществ. Согласно методике Е.А. Постникова [16, 17], возможно определение ассимиляционной емкости территории региона по предельно допустимой энергетической нагрузке.

Ассимиляционный потенциал понимается как энергетическая способность природных комплексов региона производить определенный объем  $O_2$ , поглощать  $CO_2$  и нейтрализовать прочие негативные последствия антропогенного воздействия. Он характеризуется рядом эколого-энергетических показателей региона: площадь лиственных и хвойных лесов, прочая нелесная и лесная площадь, площадь, занятая сельскохозяйственными угодьями, площадь, занятая водными ресурсами. Если же определение перечисленных характеристик территории осуществляется простым сбором статистической информации, то оценка веса каждой отдельной характеристики в общем ассимиляционном потенциале региона — гораздо более сложная задача.

Рассчитывать величину экологической емкости природной системы ( $H_э$ ) предлагается следующим образом:

$$H_э = H \sum_{i=1}^6 \frac{S_i^э}{S_i} p_i, \quad (1)$$

где  $H$  — экологическая емкость всей биосферы ( $1-2 \text{ ТВт} = 10^{12} - 2 \cdot 10^{12} \text{ Вт}$ );  $S_1$  — площадь хвойных лесов планеты;  $S_2$  — площадь лиственных лесов планеты;  $S_3$  — остальная нелесная площадь планеты;  $S_4$  — остальная лесная площадь планеты;  $S_5$  — площадь сельскохозяйственных угодий планеты;  $S_6$  — площадь, занятая водными ресурсами планеты;  $S_i^э$  — соотносимые  $S_i$  площади исследуемой экосистемы;  $p_i$  — доля вклада  $i$ -го показателя в общий ассимиляционный потенциал.

Показатели устойчивости социо-эколого-экономической среды дают оценку общего состояния региона в каждый отдельно взятый момент времени. Анализ же устойчивости развития региона, основывающейся на позитивных процессах на территории, предлагается проводить, используя индикатор устойчивости региональной системы. Индикатор устойчиво-

сти региональной системы — это критериальный показатель развития и функционирования социо-эколого-экономической деятельности, который достаточно точно характеризует уровень влияния определенной угрозы ухудшения устойчивости исследуемой территории или однородной совокупности таких угроз.

Применение известной математической теории распознавания образов — методологии ранжирования — позволит количественно оценить общую устойчивость разных траекторий развития. При этом использование моделей функционирования отдельных отраслей жизнедеятельности позволяет прогнозировать показатели и индикаторы устойчивости развития [18].

Отношение потребляемой энергии в регионе к уровню экологической емкости природной системы региона определяется как

$$K_{экоист}^t = \frac{\text{Потр}\mathcal{E}^t}{H_э}, \quad (2)$$

где  $\text{Потр}\mathcal{E}^t$  — потребление энергии в регионе в период  $t$ .

Если  $K_{экоист}^t < 1$ , то общее развитие региона является устойчивым, в противном случае — неустойчивым. Среднемировое значение  $K_{экоист}^t \approx 10$ . Следовательно, для региона, превышение данного индикатора среднемирового значения (то есть десяти) означает существенное влияние региона на общемировое снижение устойчивости.

Расчет индикатора  $K_{экоист}^t$  является ключевым, так как он позволяет определить превышение потребляемой энергии внутри региона по отношению к экологической емкости природной системы региона и, как следствие, устойчивость экосистемы региона в целом.

Важнейший показатель, который позволяет оценивать состояние социо-эколого-экономической среды региона — производительность труда. Его возможно измерять, согласно методике А.Д. Липенкова [19], затратами энергии ко времени, в течение которого выполняется работа. Так как отношение энергии ко времени является мощностью, измерение производительности труда необходимо осуществлять в единицах мощности. Зная объемы потребления в регионе топлива, выраженного в условных тоннах, можно получить оценку энергетической эффективности социо-эколого-экономической среды региона.

Получив сумму выпуска всех продуктов в социо-эколого-экономической системе, выраженную в единицах ВРП, получаем часовой объем производства общественного продукта,

или ВРП за один час в единицах энергетической мощности, который обозначим  $K(t)$ :

$$K(t) = \sum_{j=1}^n v_j(t) \cdot \beta_j(t), \quad (3)$$

где  $v_j(t)$  — число единиц  $j$ -го продукта, выпускаемого за 1 час;  $\beta_j(t)$  — фактические затраты энергии на единицу  $j$ -го продукта.

Если ВРП за один час в единицах энергетической мощности  $K(t)$  разделить на численность занятых в системе общественного производства региона  $L(t)$ , получим уровень производительности труда  $M(t)$  общественного производства социо-эколого-экономической среды региона:

$$M(t) = \frac{K(t)}{L(t)}, \quad (4)$$

Так как производительность труда в значительной мере определяется численностью населения, дающего определенную нагрузку на биоресурсы, и его потребностями, то целесообразно применение такого индикатора экологического следа, как «биологически допустимое население». Данный индикатор характеризует так называемую несущую способность территории — связь между изменяющейся способностью территории воспроизводить необходимые человеческому сообществу возобновляемые природные ресурсы и нагрузкой, определяемой численностью населения и потребностями человечества.

Разработчиком данного индикатора является исследовательская организация Global Footprint Network (GFN), которая с 2003 г. регулярно публикует счета экологического следа стран мира. Центральными понятиями в системе счетов экологического следа являются биологическая емкость (несущая способность) территории страны (планеты), и экологический след потребления населения соответствующей территории<sup>1</sup>. Применительно к региону несущая демографическая способность территории рассчитывается по формуле:

$$P_{ba} = \frac{BC_{total}}{FP_{pc}}, \quad (5)$$

где  $P_{ba}$  — биологически допустимое население,  $BC_{total}$  — полная биологическая емкость реги-

она,  $FP_{pc}$  — удельный экологический след одного человека.

Большинство изменений в окружающей среде связано с различными формами человеческой деятельности и с появляющимися в результате этой деятельности материальными потоками. Извлечение природных ресурсов является более существенным фактором, негативно воздействующим на окружающую среду, чем процессы, связанные исключительно с загрязнением. Именно извлечение природных материалов ведет к тому, что экосистемы лишаются важных функций и становятся не способны поддерживать необходимые условия для жизнедеятельности. Для выявления материальных потоков, существующих в социо-эколого-экономической среде региона, использовался показатель суммарных  $MI$  (*Material Input*) — чисел, представляющий собой общее количество природных ресурсов и элементов окружающей среды (в килограммах), необходимых для производства 1 кг основного материала [20]. Он позволяет измерять материальную интенсивность различных отраслей хозяйства, прежде всего базовых, таких как электроэнергетическая отрасль. Основные  $MI$ -числа размещены на сайте Вуппертальского института климата и окружающей среды ([www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)). С помощью этих чисел можно определить  $MI$ -числа сложных продуктов, если известен состав продукта, и объем отходов, образующихся во время производства [21, 22]. Размерность дается в единицах килограмм на килограмм (кг/кг), в килограмм на киловатт в час (кг/кВт-ч). При вычислении  $MI$ -чисел используют пять категорий материального входа: атмосферные, абиотические, водные, биологические ресурсы и объемы перемещаемой почвы, что позволяет охватывать различные компоненты экосистем, на основании чего можно оценивать негативное воздействие на окружающую природную среду [23, 24]. Если отдельно категории материального входа не выделяются, или выделяются только некоторые из категорий, необходимые для определенной ситуации, используют суммарные  $MI$ -числа, являющиеся совокупностью всех поступающих природных ресурсов, это позволяет одновременно оценивать удельное ресурсопотребление базовых отраслей хозяйства и оказываемое антропогенное воздействие на экосистемы от данных материальных потоков [25]. В данном исследовании для вычисления суммарных  $MI$ -чисел использовались категории материального входа электростанций, влияющие на эмиссию парниковых газов, в частности атмосферные и абиотические ресурсы.

<sup>1</sup> Global Footprint Network (GFN) [Electronic resource]. URL: <http://www.footprintnetwork.org> (date of accesse 05.03.2016). Количественная оценка несущей способности Земли [Электронный ресурс]. URL: <https://bioalternative.wordpress.com/depoulation/carrying-capacity>. (дата обращения: 09.03.2016).

### Оценка устойчивости социо-эколого-экономической среды регионов Уральского федерального округа

Для оценки и прогнозирования устойчивости социо-эколого-экономической среды нами были взяты регионы Уральского федерального округа.

В состав Уральского федерального округа России, занимающего площадь 1,865 млн км<sup>2</sup>, входят Свердловская, Челябинская, Курганская, Тюменская области, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа. Плотность населения в округе — 6,77 чел/км<sup>2</sup>.

Численность населения Челябинской области — 3614,8 тыс. чел., Свердловской — 4328,9 тыс. чел., Тюменской — 1464,1 тыс. чел., Курганской — 862,0 тыс. чел., Ханты-Мансийского автономного округа — 1625,5 тыс. чел., Ямало-Ненецкого автономного округа — 534,4 тыс. чел.

Согласно приведенной выше методике, были получены показатели, необходимые для расчета ассимиляционной емкости экосистем региона по предельно допустимой энергетической нагрузке, что представлено в таблице 1 [26, 27]<sup>1</sup>.

Установлено, что наибольший вклад (37,06 %) в ассимиляционный потенциал вносят хвойные леса, наименьший вклад (5,87 %) — площади, занятые под сельскохозяйствен-

ные угодья. Соответственно, экосистемы регионов, находящихся на крайнем юге Уральского федерального округа, где относительно небольшое количество хвойных лесов и значительная доля сельскохозяйственных угодий, изначально будут находиться в менее устойчивом состоянии.

Для расчета значения индикатора отношения потребляемой энергии к размеру ассимиляционной емкости экосистемы региона ( $K^t_{\text{экосист}}$ ) использовались данные о потреблении регионами условного топлива<sup>2</sup>. Для перевода топлива в потребляемую энергию использовали значение удельной теплоты сгорания условного топлива — 29 МДж/кг. Уровень КПД использования топлива был принят равным 0,40. С целью определения мощности (величины потребляемой энергии в единицу времени) ее годовой объем был получен путем соотношения к количеству секунд в году [28]. Данные по производительности труда в единицах энергетической мощности получены путем отношения потребляемой в регионе энергии в единицу времени (мощности) к численности населения. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Значение индикатора устойчивости региональной системы в виде отношения потребляемой энергии к хозяйственной емкости превышает значение единицы (что свидетельствует о

<sup>1</sup> Статистические данные по странам и регионам мира [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.worldstat.info> (дата обращения: 03.03.2016).

<sup>2</sup> Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 07.03.2016).

Таблица 1

Показатели для расчета ассимиляционной емкости экосистем регионов Уральского федерального округа

Характеристики ассимиляционной способности экосистем	Площади планетарного масштаба, $S_i$ км <sup>2</sup>	Площади Челябинской области, $S_i^{\text{Ч}}$ км <sup>2</sup>	Площади Свердловской области, $S_i^{\text{С}}$ км <sup>2</sup>	Площади Курганской области, $S_i^{\text{К}}$ км <sup>2</sup>	Площади Тюменской области, $S_i^{\text{Т}}$ км <sup>2</sup>	Площади ХМАО, $S_i^{\text{Х}}$ км <sup>2</sup>	Площади ЯНАО, $S_i^{\text{Я}}$ км <sup>2</sup>	Коэффициент вклада характеристик в общей ассимиляции от-ходов, $P_i$
Хвойные лесные территории	10270000	7600	84000	3520	25520	223780	131410	0,3706
Лиственные лесные территории	30000000	10400	56000	8170	33360	52770	22710	0,3058
Остальные нелесные пространства	34020770	5000	5100	7780	7070	36960	70200	0,0685
Остальные леса	42052880	10400	14000	305	43880	211310	154810	0,1308
Сельскохозяйственные угодья	14442170	51263	26264	45330	45690	6180	305820	0,0587
Водная поверхность	378600000	2743	2648	368	4760	5010	78140	0,0656
Итого	509385820	86306	188012	65473	160280	536010	763090	1,00

Таблица 2

## Оценка устойчивости социо-эколого-экономической среды регионов Уральского федерального округа

Регион	Экологическая емкость экосистем, ГВт	Потребляемая энергия в единицу времени (потребляемая мощность), ГВт	Индикатор устойчивости региона	Производительность труда, кВт/чел.	Производительность труда, тыс. руб/чел.
Свердловская область	5,64	14,35	2,54	3,3	1123
Челябинская область	0,94	14,17	15,02	4,0	847
Курганская область	0,67	1,70	2,56	1,9	338
Тюменская область	2,39	4,81	2,01	3,4	974
Ханты-Мансийский автономный округ	14,05	22,16	1,58	13,7	4420
Ямало-Ненецкий автономный округ	10,28	5,25	0,51	9,7	4141
Уральский федеральный округ	33,94	62,46	1,84	5,1	1537

неустойчивости) для всех регионов Уральского федерального округа, за исключением Ямало-Ненецкого автономного округа, что объясняется, по всей видимости, большой площадью данного региона и наименьшей хозяйственной освоенностью. Наибольшая неустойчивость наблюдается у Челябинской области, значение индикатора более 15, что не только превышает средний уровень округа, но и превышает общемировые данные ( $K_{\text{экосист}}^l \approx 10$ ).

Регрессионный анализ показал, что существует высокая степень взаимосвязи между производительностью труда выраженной в энергетических и финансовых показателях, коэффициент корреляции равен 0,969. Однако следует отметить, что производительность труда в денежных единицах в таких регионах, как Свердловская и Тюменская область выше, чем в Челябинской области, при этом их производительность труда в энергетических показателях ниже, чем в Челябинской области. Это может свидетельствовать о большем развитии в Челябинской области природоёмких отраслей, где затрачиваются достаточно большие объёмы энергии на материальные потоки, изымаемые из окружающей среды. Таким образом, показатель производительности труда, выраженный в энергетических единицах, при сравнительном анализе позволяет выявить регионы, имеющие в структуре экономики отрасли хозяйства, с существенными материально-энергетическими потоками, влияющие на общее состояние окружающей природной среды.

Индикатор устойчивости региональной системы должен свидетельствовать о наличии соответствующего объёма материальных потоков в социо-эколого-экономической среде, что в итоге определяет уровень негативного

антропогенного воздействия на экосистемы. С помощью суммарных  $MI$ -чисел были получены данные об удельной ресурсоемкости электроэнергетической отрасли регионов Уральского федерального округа и произведено их сравнение с индикатором устойчивости региональной системы и эмиссией парниковых газов, что представлено в таблице 3.

Выявлена достаточно высокая взаимосвязь между индикатором устойчивости и ресурсоемкостью электроэнергетической отрасли региона: коэффициент корреляции равен 0,745, а коэффициент корреляции между суммарными  $MI$ -числами и эмиссией парниковых газов составляет 0,998. Наибольшее значение удельной ресурсоемкости и эмиссии парниковых газов наблюдается у энергетики Челябинской области, а наименьшее у Ямало-Ненецкого автономного округа, что в полной мере совпадает с полученными значениями индикатора устойчивости. Таким образом, можно установить, что при наличии высокой степени неустойчивости социо-эколого-экономической среды региона наблюдаются и высокие материальные потоки в электроэнергетической отрасли, что, соответственно, ведет к большей удельной эмиссии парниковых газов и общему негативному воздействию на окружающую среду. Наличие материальных потоков в энергетике в значительной степени определяется структурой топливного баланса региона, так, в Челябинской области существенная доля приходится на каменный и бурый уголь, в Ямало-Ненецком автономном округе в структуре преобладающее значение имеет природный газ. Также имеют значение используемые технологии, при сравнении современных электростанций с более ранними следует от-

Таблица 3

Удельная ресурсоемкость и эмиссия парниковых газов электроэнергетической отрасли при сравнении с индикатором устойчивости регионов Уральского федерального округа

Регион	Индикатор устойчивости региона	Удельная ресурсоемкость электроэнергетики в суммарных МІ-числах, кг/кВт·ч	Удельные выбросы CO <sub>2</sub> -экв., кг/кВт·ч
Свердловская область	2,54	1,64	0,76
Челябинская область	15,02	1,81	0,87
Курганская область	2,56	1,32	0,58
Тюменская область	2,01	1,22	0,49
Ханты-Мансийский автономный округ	1,58	1,18	0,49
Ямало-Ненецкий автономный округ	0,51	0,83	0,48
Уральский федеральный округ	1,84	1,33	0,57

Таблица 4

Оценка несущей демографической способности регионов Уральского федерального округа

Регион	Экологическая емкость экосистем, ГВт	Полная биологическая емкость, млн гга	Население, тыс. чел.	Биологически допустимое население, тыс. чел.	Резерв для роста населения, тыс. чел.	Процент резерва, %
Свердловская область	5,64	14,29	4327	3247	-1080	-25,0
Челябинская область	0,94	2,38	3498	541	-2957	-84,5
Курганская область	0,67	1,70	870	386	-484	-55,7
Тюменская область	2,39	6,05	1429	1376	-53	-3,7
Ханты-Мансийский автономный округ	14,05	35,59	1612	8089	6477	401,8
Ямало-Ненецкий автономный округ	10,28	26,04	540	5919	5379	996,0
Уральский федеральный округ	33,94	85,98	12276	19540	7264	59,2
Российская Федерация	374,07	947,6	143667	215364	71697	49,9

метить существенное уменьшение их удельной ресурсоемкости и эмиссии парниковых газов. В частности, работающая на природном газе Няганская ГРЭС, введенная в эксплуатацию в 2013 г., имеет удельную ресурсоемкость, выраженную в суммарных МІ-числах, в 1,94 раза меньшую, чем у Сургутской ГРЭС-1 (1972 г.) со схожим топливным балансом, удельная эмиссия парниковых газов меньше в 1,51 раза. Однако следует отметить, что разброс значений у индикатора устойчивости между регионами значительно выше, чем удельной ресурсоемкости региональной электроэнергетики, что свидетельствует о существенном влиянии иных отраслей хозяйства, имеющих высокие материальные потоки.

Для оценки несущей демографической способности регионов УрФО удельный экологиче-

ский след одного человека был принят одинаковым на уровне среднего по России для всех субъектов и составил 4,4 гга (глобальный гектар — эквивалент одного гектара продуктивной территории или акватории помноженный на среднемировую биопродуктивность для конкретной климатической зоны)<sup>1</sup>. Однако информация о полной биологической емкости имеется только для России в целом. В связи с этим для оценки несущей демографической способности регионов УрФО была оценена емкость экосистемы Российской Федерации. Далее вычислена пропорционально полная биологическая емкость для каждого региона (табл. 4).

<sup>1</sup> Количественная оценка несущей способности Земли [Электронный ресурс]. URL: <https://bioalternative.wordpress.com/depopulation/carrying-capacity/> (дата обращения: 09.03.2016).



Емкость экосистемы Российской Федерации составила 374,07 ГВт (около 25 % от емкости биосферы). Согласно исследованию GFN, полная биологическая емкость России составляет 947,6 млн гга<sup>1</sup>.

Данные, приведенные в таблице 4, показывают существенное превышение биологически допустимого населения в Челябинской и Курганской областях, что объясняется большими сельскохозяйственными и водными площадями для этих регионов, которые обладают гораздо более низкой ассимиляционной способностью по сравнению лесными площадями.

В целом полученные результаты тесно коррелируют с расчетами индикатора устойчивости региональной системы и анализом производительности труда в регионах УрФО.

### Заключение

Устойчивость социо-эколого-экономической среды региона определяется потоками вещества, энергии и информации. Это означает необходимость поддержания определенных пропорций между потоками. Создание

модели управления хозяйственной деятельностью требует создания системы управления потоками вещества и энергии. А для этого для любых потоков вещества и энергии, существующих в природе и обществе, должны существовать измерительные процедуры, позволяющие измерять их с помощью единой меры. Управление — это всегда изменение потоков вещества, энергии и информации в управляемом объекте. Поскольку сырьевые и энергетические ресурсы взять негде, кроме как извлекая их из биосферы, хозяйственная деятельность с ростом ее масштабов неизбежно оказывает все большее влияние на процессы, происходящие в живой природе и на планете в целом.

Оценка параметров предельно допустимой энергетической нагрузки на исследованной территории в сочетании с данными об энергетических затратах, связанных с производительностью труда, несущей демографической способности и удельных материальных потоков в базовых отраслях хозяйства, позволяет в дальнейшем формировать модель управления устойчивой социо-эколого-экономической среды региона с учетом хозяйственной емкости биосферы и дает методический инструментарий для оценки устойчивости среды региона в границах устойчивости биосферы.

### Благодарность

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №16-06-00299а «Формирование модели управления хозяйственной деятельностью, обеспечивающей состояние социо-эколого-экономической среды региона в границах устойчивости биосферы».*

### Список источников

1. Татаркин А. И., Львов Д. С., Куклин А. А. Моделирование устойчивого развития как условие экономической безопасности территории. — Екатеринбург : УрГУ, 1999. — 276 с.
2. Маергойз И. М. Территориальная структура хозяйства. — Новосибирск : Наука, 1986. — 300 с.
3. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона / Под ред. В. И. Гурмана, А. К. Румянцев и др. — М.: Наука, 2001. — 175 с.
4. Геоэкологические основы территориального проектирования и планирования / Отв. ред. В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова. — М.: Наука, АН СССР, Ин-т географии, 1989. — 144 с.
5. Harvey D. Social processes and spatial form: an analysis of the conceptual problems of urban planning // Reg. Science Assos. «Papers». — 1973. — Vol. 1.25. — Pp. 45–70.
6. Webber M. Order in diversity: community without propinquity / Ed. L. Wingo. Cities and Space: the future use of urban Land. — The Johns Hopkins Press, 1963. — 54 p.
7. Современные методологические подходы к междисциплинарным исследованиям территориальных социо-эколого-экономических систем / Отв. ред. В. Н. Белкин. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2014. — 133 с.
8. Устойчивое развитие экономических систем от теории к практике / Под ред. В. В. Седова. — Челябинск : ЧелГУ, 2014. — 244 с.
9. Челябинская область. Региональные исследования / Отв. ред. А. Ю. Даванков. — Челябинск : ЧелГУ, 2010. — 534 с.
10. Липенков А. Д. Экономика, жизнь, разум. Общественное производство с точки зрения глобальной эволюции. — Челябинск : ЧелГУ, 2012. — 218 с.
11. Гофман К. Г. Природопользование и макроэкономические показатели развития народного хозяйства. — М.: Наука, 1985. — 109 с.

12. Горшков В. Г., Кондратьев К. Я., Шерман С. Г. Устойчивость биосферы и сохранение цивилизации // Природа. — 1990. — № 7. — С. 3–16.
13. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / Отв. ред. К. С. Лосев. — М. : ВИНТИ, 1995. — 470 с.
14. Schiller F. Linking material and energy flow analyses and social theory // *Ecological Economics*. — 2009. — 68. — Pp. 1676–1686.
15. Suh S. Theory of materials and energy flow analysis in ecology and economics // *Ecological Modelling*. — 2005. — 189. — Pp. 251–269.
16. Даванков А. Ю., Постников Е. А. Оценка эколого-экономической устойчивости региона // Устойчивое развитие Челябинской области. Сб. ст. / Отв. за выпуск В. А. Ячменев. — Магнитогорск : Дом печати, 2011. — С. 27–35.
17. Постников Е. А. Совершенствование методов оценки и прогнозирования устойчивости экономических систем : дисс. ... канд. экон. наук. — Челябинск : ЧелГУ, 2005. — 137 с.
18. Никулина Н. Л. Проблемы оценки экологической безопасности региона // Экономика региона. — 2008. — Прил. к № 4. — С. 62–67.
19. Липенков А. Д., Даванков А. Ю. Естественнаучные основы управления эколого-экономическими системами. — Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2005. — 25 с.
20. Сергиенко О. И., Рон Х. Основы теории эко-эффективности. — СПб. : СПбГУНиПТ, 2004. — 223 с.
21. Huppes G., Ishikawa M. Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis // *Ecological Economics*. — 2009. — Vol. 68. — Pp. 1687–1700.
22. Ritthoff M., Rohn H., Liedtke C. Calculating MIPS: Resource Productivity of Products and Services. — North Rhine-Westphalia, Germany: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 2002. — 57 p.
23. Giljum S. A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro Level // *Resources, Conservation and Recycling*. — 2011. — Vol. 55p. — Pp. 300–308.
24. Schmidt-Bleek F. Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch, mehr Lebensqualität durch Faktor. — Munchen: Droemer Knauer, 1998. — 320 p.
25. Двинин Д. Ю. Использование МІ (Material Input) — чисел при планировании ресурсосбережения в системах экологического менеджмента региона // Экономика природопользования. — 2014. — № 4. — С. 38–48.
26. Винокуров М. А., Суходолов А. П. Экономика Иркутской области. Т. 4. — Иркутск : БГУЭП, 2004. — 248 с.
27. Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации в 2011 г. — М. : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2013. — 114 с.
28. Татаркин А. И., Гершанок А. Г. Методология оценки устойчивого развития локальных территорий на основе измерения их социально-экономической и экологической емкости // Вестник НГУ. — 2006. — Т. 6. Вып. 1. — С. 40–48. — (Социально-экономические науки).

### Информация об авторах

**Даванков Алексей Юрьевич** — доктор экономических наук, профессор кафедры экономической теории и регионального развития, экономический факультет, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129; e-mail: isergp@csu.ru).

**Двинин Дмитрий Юрьевич** — кандидат экономических наук, доцент кафедры геоэкологии и природопользования, факультет экологии, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129; e-mail: ecologchel@74.ru).

**Постников Евгений Анатольевич** — кандидат экономических наук, доцент кафедры математических методов в экономике, экономический факультет, Челябинский государственный университет (Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129; e-mail: postnikovea@yandex.ru).

For citation: *Ekonomika regiona* [Economy of Region]. — 2016. — Vol. 12, Issue 4. — pp. 1029–1039

**A. Yu. Davankov, D. Yu. Dvinin, Ye. A. Postnikov**

Chelyabinsk State University (Chelyabinsk, Russian Federation; e-mail: postnikovea@yandex.ru)

### Methodological Tools for the Assessment of Ecological and Socio-Economic Environment in the Region within the Limits of the Sustainability of Biosphere

*The article is devoted to the study of ecological and socio-economic environment as well as the development of effective methodological tool for the assessment of its stability. This tool allows to ascertain the level of economic activity of the regions within the limits of the sustainability of biosphere. In the article, the regional system is considered as the total of industrial enterprises, social infrastructure and natural environment creating a specific territorial ecological and socio-economic environment, whose stability depends on the level of economic activity measured by the capacity of territorial ecosystem. The use of a technique for the comparative assessment of the energy indicators of economic activity creating a specific ecological and socio-economic environment of the region as well as of the indicator of the ecological capacity of the territory is proved. The ecological capacity of the territory enables to better estimate the level of the sustainability of the region within the limits of sustainability of biosphere. This method allows to forecast the development of the studied territory by the measurement of*

general energy flow on the basis of closed material and energy flows. The research revealed an indicator of the sustainability of ecological and socio-economic environment of Ural Federal District. Yamalo-Nenets Autonomous District is the most stable, the Chelyabinsk region is the least stable, which is associated with both natural conditions and the specificities of economic structure. The labour productivity indicator, expressed in energy units, has revealed regions with rich natural resources. It was found that in these regions, there are significant material flows in the electricity industry that leads to a large proportion of greenhouse gas emissions. The assessment of the demographic capacity fully correlates with the calculations of the stability indicator of the regional system and the analysis of labour productivity in the region. In the future, these methodological tools will allow to develop a model of the management of a sustainable ecological and socio-economic environment of the region, taking into account the environmental capacity of biosphere.

**Keywords:** ecological and socio-economic environment in the region, economic capacity, sustainability, material and energy flows, stability of the biosphere, natural-economic system, bearing capacity, resource intensity, stability indicator, labour productivity

### Acknowledgements

The research has been supported by the Russian Foundation for Basic Research within the research project № 16-06-00299a "Formation of model management of economic activity management model, providing a state of ecological and socio-economic environment of the region within the limits of the sustainability of the biosphere".

### References

1. Tatarkin, A. I., Lvov, D. S. & Kuklin, A. A. (1999). *Metodologiya otsenki ustoychivogo razvitiya lokalnykh territoriy na osnove izmereniya ikh sotsialno-ekonomicheskoy i ehkologicheskoy yomkosti* [Modelling of sustainable development as a condition for the economic territory of the security]. Ekaterinburg: Ural State University Publ., 276.
2. Maergoyz, I. M. (1986). *Territorialnaya struktura hozyaystva* [The territorial structure of the economy]. Novosibirsk: Nauka Publ., 300.
3. Gourmet, V. I. & Rumyantseva, A. K. et al. (Eds). (2001). *Modelirovanie sotsio-ekologo-ekonomicheskoy sistemy regiona* [Modeling of socio-ecological-economic system of the region]. Moscow: Nauka Publ., 175.
4. Transfiguration, V. S. & Aleksandrova, T. D. et al. (Eds). (1989). *Geoekologicheskie osnovy territorialnogo proektirovaniya i planirovaniya* [Geo-ecological bases of the territorial design and planning]. AN SSSR, In-t geografii [USSR Academy of Sciences, Institute of Geography]. Moscow: Nauka Publ., 144.
5. Harvey, D. (1973). Social processes and spatial form: an analysis of the conceptual problems of urban planning. *Regional Science Association "Papers"*, 1(25), 45–70.
6. Webber, M. (Ed.). (1963). *Order in diversity: community without propinquity. Cities and Space: the future use of urban Land*. The Jogns Hopkins Press, 54.
7. Belkin, V. N. (Ed.). (2014). *Sovremennyye metodologicheskie podkhody k mezhdistsiplinarnym issledovaniyam territorialnykh sotsio-ekologo-ekonomicheskikh sistem* [Modern methodological approaches to the interdisciplinary research of territorial socio-ecological-economic systems]. Ekaterinburg: Institute of Economics of UB RAS Publ., 133.
8. Sedov, V. V. (Ed.). (2014). *Ustoychivoye razvitie ekonomicheskikh sistem ot teorii k praktike* [Sustainable development of economic systems from theory to practice]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University Publ., 244.
9. Davankov, A. Yu. (Ed.). (2010). *Chelyabinskaya oblast: regionalnyye issledovaniya* [The Chelyabinsk region: regional studies]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University Publ., 534.
10. Lipenkov, A. D. (2012). *Ekonomika, zhizn, razum. Obshchestvennoye proizvodstvo s tochki zreniya globalno evolyutsii* [Economy, life, mind. Social production in terms of global evolution]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University Publ., 218.
11. Hoffmann, K. G. (1985). *Prirodopolzovanie i makroekonomicheskie pokazateli razvitiya narodnogo khozyaystva* [Nature and the macroeconomic indicators of the national economy development]. Moscow: Nauka Publ., 109.
12. Gorshkov, V. G., Kondratev K. A. & Sherman S. G. (1990). Ustoychivost biosfery i sokhranenie tsivilizatsii [The stability of the biosphere and the preservation of civilization]. *Priroda* [Nature], 7, 3–16.
13. Gorshkov, V. G. & Losev, K. S. (Eds). (1995). *Fizicheskie i biologicheskie osnovy ustoychivosti zhizni* [Physical and biological bases of life stability]. Moscow: VINITI Publ., 470.
14. Schiller, F. (2009). Linking material and energy flow analyses and social theory. *Ecological Economics*, 68, 1676–1686.
15. Suh, S. (2005). Theory of materials and energy flow analysis in ecology and economics. *Ecological Modelling*, 189, 251–269.
16. Davankov, A. Yu., Postnikov, E. A. & Yachmenev, V. A. (Eds). (2011). *Otsenka ekologo-ekonomicheskoy ustoychivosti regiona. Ustoychivoye razvitie Chelyabinskoy oblasti. Sb. statey*. [Evaluation of ecological and economic sustainability of the region. Sustainable development of the Chelyabinsk region. Coll. of articles]. Magnitogorsk: Dom Pechati Publ., 27–35.
17. Postnikov, E. A. (2005). *Sovershenstvovanie metodov otsenki i prognozirovaniya ustoychivosti ekonomicheskikh sistem: 08.00.05 — Dis. kand. ekon. nauk* [The development of methods to assess and predict the sustainability of economic systems: 08.00.05 — Published summary of a PhD thesis in Economics]. Chelyabinsk: Chelyabinsk State University Publ., 137.
18. Nikulina, N. L. (2008). Problemy otsenki ekologicheskoy bezopasnosti regiona [Problems of the assessment of environmental safety in the region]. *Ekonomika regiona* [Economy of region], 4, 62–67.

19. Lipenkov, A. D. & Davankov, A. Yu. (2005). *Estestvennonauchnyye osnovy upravleniya ekologo-ekonomicheskimi sistemami. Preprint. [Pure bases of management of ecological and economic systems. Preprint]*. Ekaterinburg: Institute of Economics of UB RAS Publ., 25.
20. Sergienko, O. I. & Ron, H. (2004). *Osnovy teorii eko-effektivnosti [Fundamentals of the theory of eco-efficiency]*. St. Peetersburg: SPbGUNPT Publ., 223.
21. Huppes, G. & Ishikawa, M. (2009). Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis. *Ecological Economics*, 68, 1687–1700.
22. Ritthoff, M., Rohn, H. & Liedtke, C. (2012). *Calculating MIPS: Resource Productivity of Products and Services*. North Rhine-Westphalia, Germany: Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, 57.
23. Giljum, S. (2011). A comprehensive set of resource use indicators from the micro to the macro Level. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 300–308.
24. Schmidt-Bleek, F. (1998). *Das MIPS-Konzept. Weniger Naturverbrauch, mehr Lebensqualität durch Faktor*. Munchen: Droemer Knaur, 320.
25. Dvinin, D. Yu. (2014). Ispolzovanie MI (Material Input) — chisel pri planirovanii resursosberezheniya v sistemakh ekologicheskogo menedzhmenta regiona [The use of the MI (Material Input) — numbers in the planning resource in the environmental management systems of the region]. *Ekonomika prirodopolzovaniya [Environmental economics]*, 4, 38–48.
26. Vinokurov, M. A. & Sukhodolov, A. P. (2004). *Ekonomika Irkutskoy oblasti: t. 4. [The economy of the Irkutsk region: Volume 4]*. Irkutsk: BGUEP Publ., 248.
27. *Ezhegodnyy doklad o sostoyanii i ispolzovanii lesov Rossiyskoy Federatsii v 2011 godu [Annual report on the condition and use of the forests of the Russian Federation in 2011]*. (2013). Moscow: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation Publ., 114.
28. Tatarkin, A. I. & Gershanok, A. G. (2006). Metodologiya otsenki ustoychivogo razvitiya lokalnykh territoriy na osnove izmereniya ikh sotsialno-ekonomicheskoy i ekologicheskoy yomkosti [The assessment methodology for sustainable local development based on the measurement of their socio-economic and ecological capacity]. *Vestnik NSU: seriya sotsialnyye i ekonomicheskie nauki [Bulletin of the Novosibirsk State University: A series of social and economic sciences]*, 6(1), 40–48.

### Authors

**Aleksey Yuryevich Davankov** — Doctor of Economics, Professor, Department of Economic Theory and Regional Development, Faculty of Economics, Chelyabinsk State University (129, Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation; e-mail: iserp@csu.ru).

**Dmitry Yuryevich Dvinin** — PhD in Economics, Associate Professor, Department of Geoecology and Environmental Management, Faculty of Ecology, Chelyabinsk State University (129, Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation; e-mail: ecologchel@74.ru).

**Yevgeniy Anatolyevich Postnikov** — PhD in Economics, Associate Professor, Department of Mathematical Methods in Economics, Faculty of Economics Chelyabinsk State University (129, Brat'yev Kashirinykh St., Chelyabinsk, 454001, Russian Federation; e-mail: postnikovea@yandex.ru).